

# ANÁLISIS, EN RÉGIMEN NO LINEAL, DEL COMPORTAMIENTO DE LAS JUNTAS VERTICALES ENTRE GRANDES PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO\*

(ANALYSIS, IN NON-LINEAR REGIME, OF THE BEHAVIOUR OF VERTICAL JOINTS BETWEEN HUGE PREFABRICATED PANELS OF REINFORCED CONCRETE)

**Joaquín Catalá Alís**

Profesor Titular de la Cátedra de «Edificación y Prefabricación» de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia

Director de Tesis:

452-9

**Juan José Moragues Terrades**

Catedrático de «Edificación y Prefabricación» de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia

## RESUMEN

*En el presente artículo se estudian las uniones entre grandes paneles de hormigón armado, cuando éstas se conforman por dientes y se cosen por armaduras. Además se estudia el caso de que estén sometidas a acciones a lo largo de las mismas.*

*Basándonos en los ensayos realizados por Pommeret y Cortini se plantea un modelo teórico de asimilación de la junta en forma de celosía clásica, pero tipológicamente condicionada por las características geométricas de la unión.*

*A un elemento de celosía se le aplica un método de análisis no lineal, basado en el propuesto por A. Grelat, teniendo en cuenta tanto la no linealidad mecánica como geométrica, así como el efecto pasador de las armaduras.*

*La comparación de los resultados del modelo y método con los ensayos realizados son excelentes y permiten la generalización de los mismos para obtener criterios de diseño de este tipo de uniones.*

## SUMMARY

*In this paper the joints between large panels of reinforced concrete are studied, when these joints are castellated and reinforced. It is dealt also the case when they are subjected to external forces acting along them.*

*A theoretical model is shown in which the joint behaviour is simulated by the behaviour of a plane truss which is conditioned by the geometrical characteristic of the joint. This model has been based on the experiments carried out by Pommeret and Cortini.*

*A non-linear analysis is applied to each element of the plane truss, taking into account the method of analysis which had been described previously by A. Grelat. In our analysis both the non-linear mechanical and geometrical characteristics and the dovetail action of the steel bars are included.*

*As the comparison between the theoretical method that has been shown in this paper with the experimental results mentioned before is excellent, the theoretical method can be applied to the design criteria of these joints.*

## Objetivo

Esta tesis estudia el comportamiento hasta rotura de las juntas verticales de hormigón, organizadas, dentadas, armadas con aceros transversales al eje longitudinal de la junta y distribuidos uniformemente, de las construcciones a base de grandes paneles prefabricados de *hormigón armado* (Fig. 1).

Asimismo, se supone que las juntas están previamente fisuradas en sus superficies de contacto con los paneles, para evitar posibles alteraciones del comportamiento de las mismas debidas a fenómenos de adherencia.

## El problema

Estas juntas, especialmente cuando forman parte de los muros de arriostramiento de dichas construcciones sometidos a la acción de cargas horizontales, deben

soportar, absorber y transmitir, adecuadamente, determinados esfuerzos tangenciales longitudinales (T) que actúan en las superficies de contacto junta-paneles.

Se trata pues de desarrollar un modelo de asimilación del comportamiento de las juntas antes definidas sometidas a dichos esfuerzos que, por una parte, dé una explicación aceptable del modo de fisuración y rotura de las juntas de los ensayos de referencia, y por otra, tenga en cuenta los parámetros que, según demuestran dichos ensayos, son los que principalmente afectan al comportamiento de las juntas: capacidad mecánica de las armaduras ( $A \cdot f_y$ ), resistencia del hormigón ( $f_c$ ) y cuantía y dimensiones de los dientes

$$(B = \frac{a \cdot b}{1} \cdot n)$$

## El modelo

El modelo que más se asemeja a estas condiciones, aunque no dé resultados satisfactorios, es el método clásico de las bielas. El que aquí presentamos es una

\*Tesis leída el 10 de julio de 1984 en la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Valencia. Obtuvo la calificación de sobresaliente cum laude.

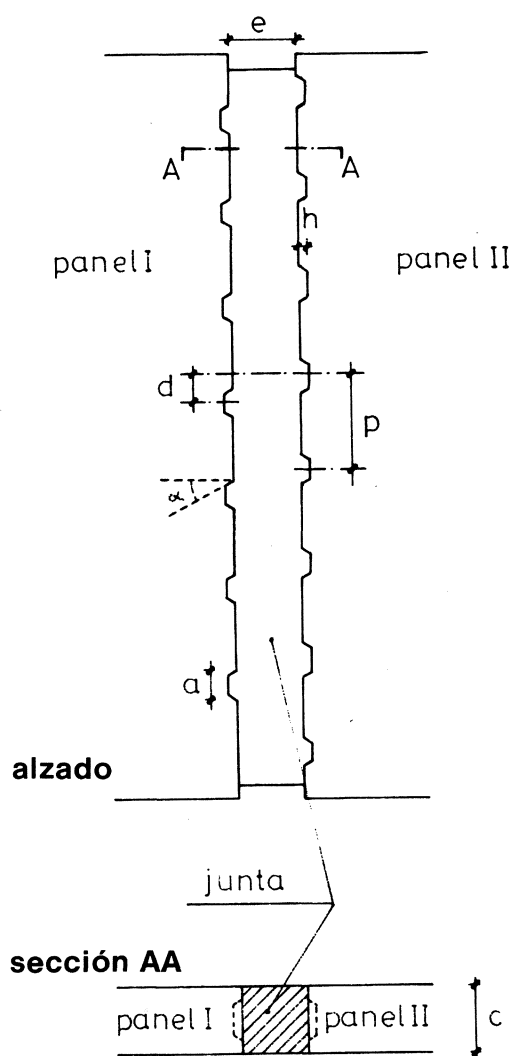


Fig. 1.—Junta vertical.

modificación de dicho método, tanto en su aspecto geométrico, como paramétrico.

Dicho modelo se basa en suponer que, debido a la mayor rigidez de los paneles y a la fisuración previa de las superficies junta-panel, se concentra el esfuerzo tangencial ( $T$ ) en las caras inclinadas de los dientes, transmitiéndose diagonalmente, a través de bielas de hormigón en masa, a la superficie de contacto opuesta. Cuando las bielas tienden a girar y deformarse, las superficies de contacto tienden a su vez a distanciarse, con lo que entran en acción las armaduras transversales que se oponen a dicho movimiento, originándose la clásica celosía (Fig. 2).

Las bielas se supone que unen una cara inclinada de un diente de una superficie de contacto, con la opuesta de otro diente de la superficie de contacto opuesta. Como se podrá advertir, no tiene por qué unirse con el diente inmediato al opuesto, sino con los siguientes, es decir, que se pueden suponer, para cada junta, diferentes configuraciones según el ángulo ( $\beta$ ) que formen las bielas, siempre compatibles con el contorno geométrico y con la condición de unir, como se ha

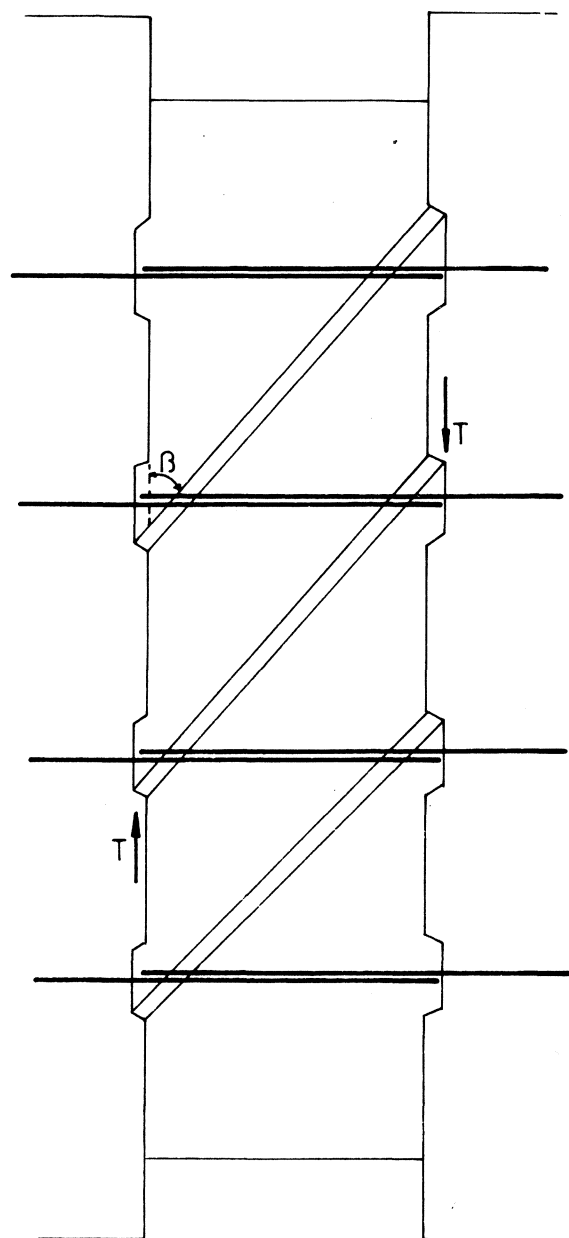


Fig. 2.—Modelo: forma de las bielas.

dicho ya, las caras inclinadas opuestas de los dientes. Se tomará como carga última ( $T_u$ ) de la junta la carga última de la configuración que la haga máxima.

Con lo anterior queda claramente definida la geometría de las bielas. Basta añadir que su ancho deberá ser igual al del diente con el fin de poder considerar las bielas biempotradas en los extremos y que su sección es uniforme y constante.

Finalmente cabe decir algunas hipótesis adicionales consideradas:

— Se considera el reparto uniforme del esfuerzo  $T$  a lo largo de la junta.

Ello nos permite dividir la misma en módulos. La carga última de la configuración correspondiente de la junta será igual a la de un módulo multiplicada por el número de módulos útiles.

- Cada módulo consta de tres elementos: la biela diagonal de hormigón en masa, las armaduras transversales y la rigidez debida al efecto pasador de las mismas (Fig. 3).
- Se ha tenido en cuenta tanto la no linealidad en el comportamiento de los materiales, traducida en una ley  $\sigma$ - $\epsilon$  de carácter general, como la no linealidad geométrica (efectos de 2.º orden).

### El método

El método de cálculo elegido, que se ha traducido en los consiguientes programas elaborados en el ordenador UNIVAC 1100 del Centro de Cálculo de la Universidad Politécnica de Valencia, es un método similar en su proceso al de ejecución de los ensayos de referencia. Es una adaptación del método incremental de A. Grelat, que consiste en la aplicación del método de los desplazamientos en un proceso incremental de las cargas con variación de las rigideces de los elementos.

Cada biela de hormigón se subdivide en tramos rectilíneos cortos, de sección transversal constante, cuyos extremos constituyen el conjunto de nudos de la estructura. Las matrices de rigidez de dichos tramos se calculan en cada etapa de cálculo, ensamblándose en la matriz K general de la estructura junto con las rigideces de los aceros y del efecto pasador. Esta matriz relaciona los incrementos de cargas en los

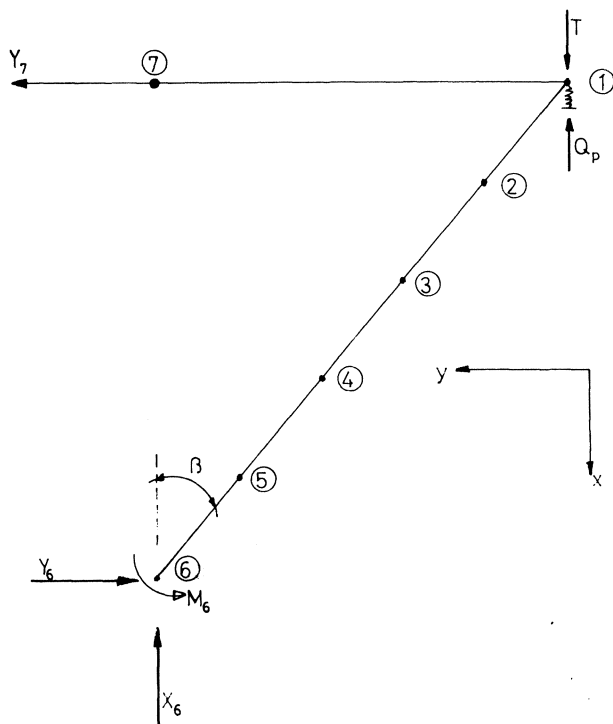


Fig. 3.—Esquema de fuerzas actuando en un módulo.

nudos con los incrementos de desplazamientos en los mismos:

$$\Delta Q_o = K \cdot \Delta D_o$$

El proceso es iterativo hasta la convergencia de los incrementos de esfuerzos en coordenadas intrínsecas. Y ello para cada incremento de carga aplicado. Previamente a la aplicación de un nuevo incremento de carga, y tras la convergencia antedicha, se produce una etapa de corrección.

Se procede por incrementos de carga constantes que han ido disminuyéndose al producirse no convergencias en el proceso al irnos acercando a la carga de rotura ( $T_u$ ).

### Ensayos de referencia

Son los llevados a cabo en el «Centre d'Essais des Structures» de Saint-Remy-les-Chevreuse (Francia), por M. Pommeret sobre juntas verticales, y por P. Cortini sobre juntas horizontales.

Se han tenido en cuenta todos los ensayos relativos a las juntas antes definidas y se ha añadido una junta horizontal no sometida a esfuerzo transversal alguno y asimilable por tanto a una junta vertical.

### Resultados y conclusiones

Se han reflejado en forma de curvas características esfuerzo tangente (T), deslizamiento relativo (g), y nos hemos fijado en el estado último ( $T_u$ - $g_u$ ) (Fig. 4).

Fundamentalmente se ha comprobado que las juntas deben de cumplir una condición adicional para que el modelo se ajuste a su comportamiento en rotura: que

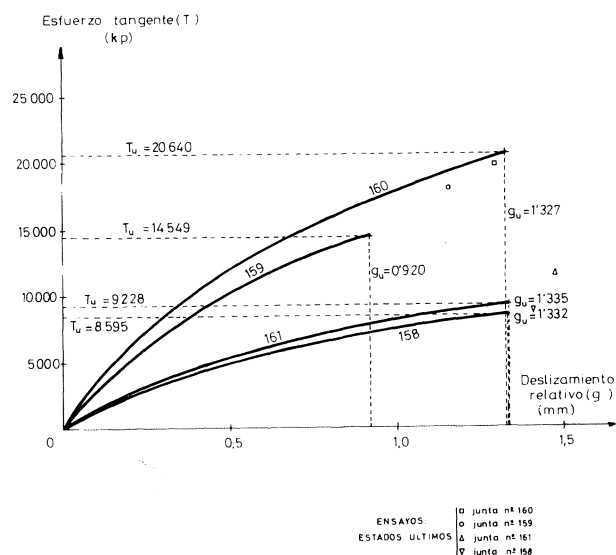


Fig. 4.—Curva característica de las juntas 158, 159, 160 y 161.

el número de armaduras transversales sea mayor o igual que el número de módulos o dientes, es decir, que cada módulo esté atravesado al menos por una armadura de cosido.

Con las juntas que cumplen dicha condición se ha realizado un análisis estadístico a partir de las variables

$$X = \frac{T_u(\text{modelo})}{T_u(\text{ensayo})}; \quad Y = \frac{g_u(\text{modelo})}{g_u(\text{ensayo})}$$

Tanto en un caso como en otro, se ha realizado el estudio de la variabilidad de la media muestral según la función t de Student, ya que se trata de muestras de pequeño tamaño, tomándose en ambos casos un nivel de significación del 10 %. Ambos análisis han sido muy satisfactorios demostrando la gran

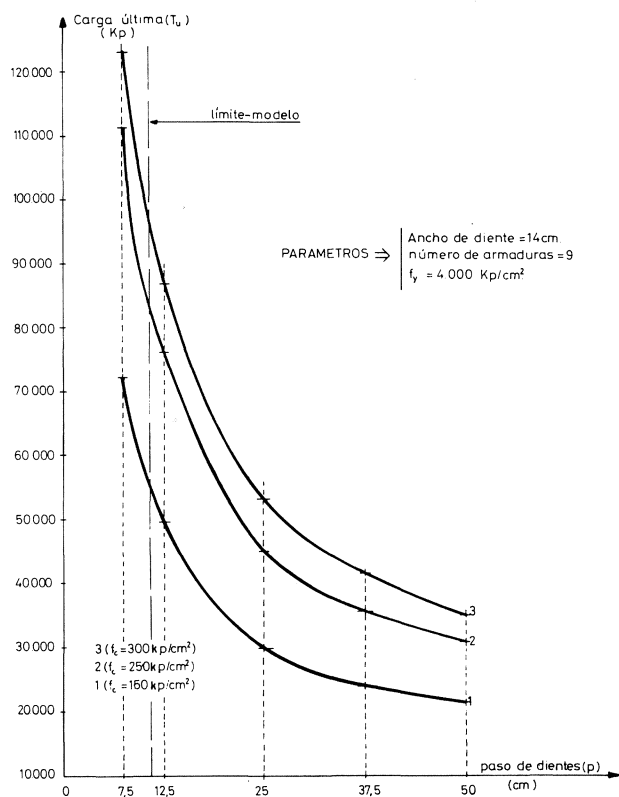


Fig. 5.—Influencia de la resistencia del hormigón sobre la relación  $T_u$ - $p$ .

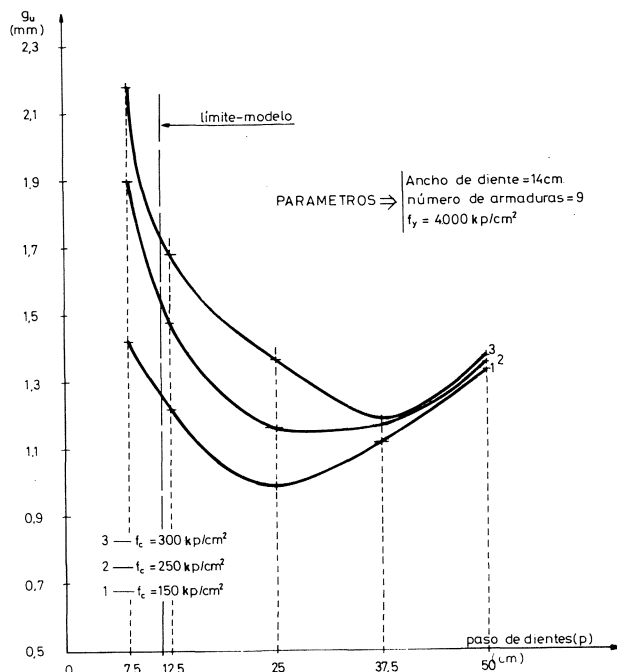


Fig. 6.—Influencia de la resistencia del hormigón sobre la relación  $g_u$ - $p$ .

bondad del ajuste del modelo a los resultados de los ensayos.

Finalmente se han realizado diversos estudios paramétricos que han servido de base para fijar criterios de diseño de estas juntas. Se han resumido en tres para el estudio de las cargas ( $T_u$ ) y otras tres para el estudio de los deslizamientos ( $g_u$ ), según el paso de dientes (o número de dientes), variando para cada curva un parámetro: ancho del diente ( $b$ ), resistencia del hormigón ( $f_c$ ) y capacidad mecánica de las armaduras ( $A \cdot f_y$ ). (Como ejemplo se adjuntan las figuras 5 y 6 para el estudio de  $T_u$  y  $g_u$ , según el parámetro  $f_c$ ).

Estas curvas deducidas para un sistema de construcción concreto, con juntas y dientes definidos geoméricamente, pueden permitir un diseño rápido de las juntas tras conocer la carga última que deben soportar y los valores extremos de los parámetros que se pueden alcanzar.

☆☆☆